

Application Note

TXE8116-Q1、TXE8124-Q1 と TXE8148-Q1 を使用した、最新の車載 ECU (電子制御ユニット) 設計に対応する、スケーラブルな 16 ~ 48 ビット GPIO エクスパンダ



Sakshi Markhedkar

概要

ボディ、ゾーン、インフォテインメント、運転支援サブシステムのいずれにも対応した車載用電子制御ユニット (ECU) により、コンパクトな形状と予測可能なシステム動作を維持しつつ、柔軟で拡張された汎用入出力 (GPIO) のリソースに対する需要が高まっています。TXE ファミリは TXE8116-Q1、TXE8124-Q1、TXE8148-Q1 車載認定済みシリアル ペリフェラル インターフェイス (SPI) GPIO エクスパンダで構成されており、スペースに制約のある ECU の設計においてデジタル 入出力の拡張にスケーラブルで確定的な設計を実現します。TXE ファミリは、低速のデジタル制御および監視機能をホスト マイコンまたは SoC からオフロードするため、マイコンのピンの使用量を削減し、システム統合を簡素化するとともに、分散型およびゾーン型車両アーキテクチャのサポートを実現します。

目次

| | |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1 SPI ベースの GPIO エクスパンダの概要..... | 2 |
| 2 SPI GPIO エクスパンダを選択する理由..... | 3 |
| 2.1 SPI GPIO エクスパンダとディスクリートアプローチの比較..... | 3 |
| 2.2 SPI GPIO エクスパンダと I ² C GPIO エクスパンダとの比較..... | 5 |
| 3 SPI GPIO エクスパンダを使用したアプリケーション例..... | 6 |
| 3.1 ゾーン制御モジュール..... | 6 |
| 3.2 インフォテインメントおよび ADAS ペリフェラルの制御..... | 7 |
| 3.3 車載用ボディコントロール モジュール..... | 8 |
| 3.4 オーディオとペリフェラルの監視..... | 9 |
| 4 まとめ..... | 10 |
| 5 参考資料..... | 10 |

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 SPI ベースの GPIO エクスパンダの概要

最新の車載 ECU は、増加するデジタル入出力に対応すると同時に、信頼性、レイテンシ、スケーラビリティに関する厳格な要件を満たす必要があります。I/O 要件が増加するにつれて、マイコンの GPIO を直接使用する従来のアプローチや個別の拡張ロジックに基づくアプローチは、部品点数が多くなり、基板面積の使用効率が低下し、ソフトウェアが複雑になるため、非効率的になります。

SPI ベースの GPIO エクスパンダは、高帯域幅のインターフェイス上で GPIO 管理を集中化することで、構造化された確定的な代替製品を提供します。TXE8116-Q1、TXE8124-Q1、および TXE8148-Q1 は、AEC-Q100 認定の 16 ビット、24 ビット、および 48 ビット GPIO エクスパンダで、4 線式 SPI プロトコルに対応し、最大 10MHz、1.65V ~ 5.5V の動作をサポートします。また、構成可能なデジタル入出力機能や、プログラマブルなオープンドレイン/プッシュプル出力、内蔵プルアップ/プルダウン抵抗、スマート割り込みレジスタ、グリッチ フィルタ、フェイルセーフ レジスタ モード、バスホールドなどの内蔵機能を備え、システム設計を簡素化します。

代表的な車載用アプリケーション:

- ボディコントロール モジュール
- ゾーンコントローラ
- インフォテインメントまたは運転支援ペリフェラルの制御

2 SPI GPIO エクスパンダを選択する理由

従来の GPIO 拡張方法では通常、ピン数の多いマイコン、ディスクリートシフトレジスタ、マルチプレクサ、ラッチベースロジックを使用して、利用可能な I/O を増やしています。これらの設計は効果的ではあるものの、PCB 面積、配線の複雑さ、グルーロジック、ファームウェアのオーバーヘッドが増加し、入力の変化を検出するために継続的なポーリングに依存することが多いため、レイテンシと消費電力が増加します。I²C ベースの GPIO エクスパンダは、シンプルな 2 線式インターフェイスの背後に複数の GPIO を統合することで、このアプローチを改善し、ピン数と基板の複雑さを軽減すると同時に、レジスタベースの制御や割り込み駆動型の監視などの機能を可能にして効率を向上させます。ただし、I²C の帯域幅とバス共有は、高速システムやレイテンシに敏感なシステムでは性能を制限する可能性があります。

最新の SPI GPIO エクスパンダは、高スループット、低レイテンシの通信、より確定的なタイミングを実現し、内蔵された割り込みやスケラブルなデバイスアーキテクチャを採用することで、これらの制約に対応しています。その結果、コンパクトで低 BOM でソフトウェア効率に優れた設計が実現し、今日の分散型車載アプリケーション向けに、高速な応答、簡素化された設計、堅牢な GPIO スケーリングを提供します。

2.1 SPI GPIO エクスパンダとディスクリートアプローチの比較

シフトレジスタ、マルチプレクサ、ディスクリートロジックを使用する GPIO 拡張手法では、部品点数の増加と複雑な PCB 配線に起因する制限が発生します。これらのディスクリートベースの GPIO 設計は、システムコストの増加と、ゾーン制御モジュールなどの車載アプリケーションにおける PCB 利用効率の低下につながります。これらのアプリケーションでは、チャンネル密度が高く、基板面積が限られていることが一般的な課題となります。表 2-1 に、コスト最適化されたスケラブルな ECU 設計について、ディスクリートベースのアプローチと SPI GPIO エクスパンダがサポートするシステムレベルの利点を示します。

TXE81xx-Q1 は割り込みベースの処理をサポートしており、いずれかの入力状態が最後に読み取られた状態と異なる場合にオープンドレイン割り込み出力 (INT) がアクティブになり、入力状態が変化したことをシステムコントローラに通知するために使用されます。デバイスの割り込みは、各デバイスの I/O に対してラッチまたはマスクできます。割り込み信号を送信することにより、デバイスは SPI バスで通信しなくてもリモート I/O ポートに受信データがあるかどうかをプロセッサに通知することができます。また、デバイスにはスマート割り込みもあり、I/O 状態が初期ロジック状態に戻る場合、または割り込みが割り込みフラグステータスレジスタを読み取った場合に、割り込みがクリアされます。これにより、外部スイッチ、割り込み、準備完了信号などのペリフェラルデバイスを簡単に監視できます。

図 2-1 で強調されているように、TXE8116-Q1、TXE8124-Q1、および TXE8148-Q1 は、配線の集中を最小限に抑え、多層 PCB の積層を簡素化しながら、コンパクトで低 BOM の IO 管理ソリューションを実現します。

表 2-1. SPI GPIO エクスパンダとディスクリートベースのアプローチの比較

| パラメータ | シフトレジスタ / マルチプレクサ / ディスクリートロジック | SPI GPIO エクスパンダ (TXE8116-Q1/TXE8124-Q1/TXE8148-Q1) |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|
| マイコンの GPIO の使用 | 高い(クロック、データ、ラッチ、イネーブル信号を追加) | ✓ 低い (標準 4 ピン SPI インターフェイス) |
| スケラビリティ | 制限付き。配線取り回し作業が増加し | ✓ 高い。マイコンピンの変更なしで GPIO を追加 |
| レイテンシと確定性 | ソフトウェアに依存し。状態ポーリング | ✓ 割り込みベース、イベント駆動 |
| 消費電力 | ステータス スキャンのための I/O ポーリングにより高値 | ✓ 低値。割り込み時に I/O 状態の変化が反映される |
| 診断機能と制御 | 制限あり。個別の取り扱いが必要 | ✓ 構成およびステータスレジスタを統合済み |

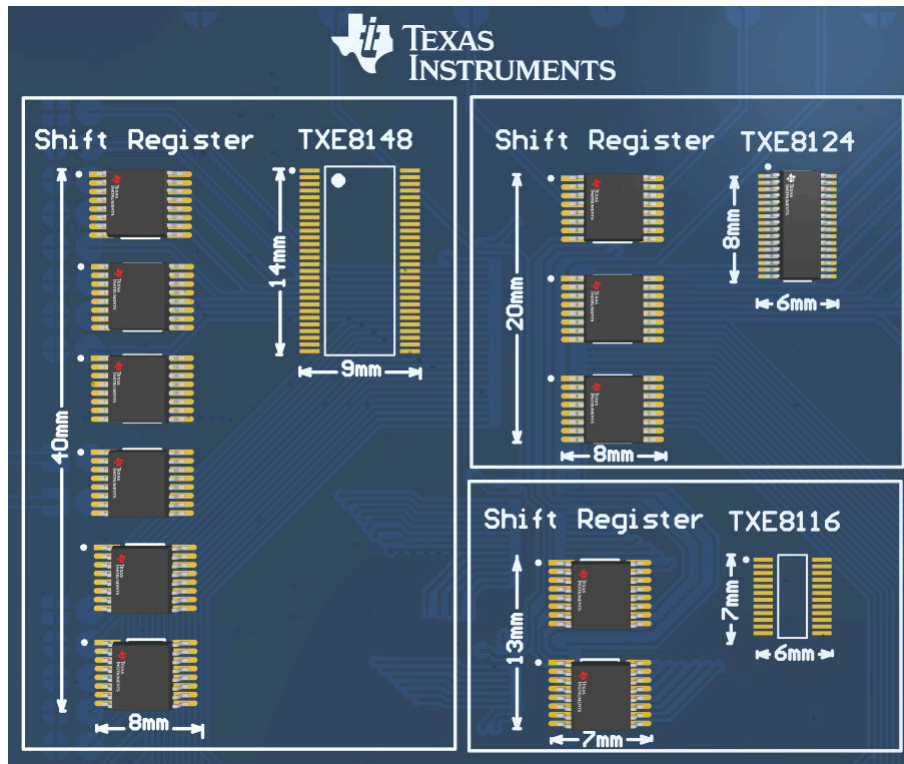


図 2-1. PCB 面積の削減: SPI GPIO エクスパンダとディスクリートベースのアプローチの比較

2.2 SPI GPIO エクスパンダと I²C GPIO エクスパンダとの比較

SPI と I²C 両方の GPIO エクスパンダは、車載設計で広く使用されています。適切なインターフェイスの選択は、システムのアーキテクチャと性能要件によって異なります。

I²C ベースの GPIO エクスパンダは、シンプルな 2 線式インターフェイスを使用し、ピン数と基板の複雑さを軽減すると同時に、レジスタベースの制御や割り込み駆動型の監視などの機能を可能にして効率を向上させます。ただし、I²C の帯域幅とバス共有は、高速システムやレイテンシに敏感なシステムでは性能を制限する可能性があります。I²C ベースのソリューションを SPI GPIO エクスパンダに置き換えることで、設計者は、システムレベルの堅牢性を実現し、バスの消費電力を低減することで、ゾーンおよびソフトウェア定義の車両アーキテクチャとの整合性を改善できます。

表 2-2. SPI GPIO エクスパンダと I²C GPIO エクスパンダとの比較

| パラメータ | I ² C GPIO エクスパンダ (TCA9539A-Q1/TCA9536-Q1/TCAL9539-Q1) | SPI GPIO エクスパンダ (TXE8116-Q1/TXE8124-Q1/TXE8148-Q1) |
|--------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| ビット数 | 4~16 | 16~48 |
| インターフェイスの帯域幅 | 400kHz (標準) ~ 1MHz (高速モード プラス) | 最大 10 MHz の SPI |
| スケーラビリティ | I ² C アドレス ベース | デジジー チェーン |
| 消費電力 | 低 ~ 中程度 | 低スタンバイ (6μA) |
| システム ノイズ | オープンドレイン I ² C バス構成によりクロストークの影響を受けやすい | プッシュプル SPI バスによる回復力 |
| 入力グリッチ フィルタ | なし | あり |
| フェイルセーフ機能 | なし | あり |
| 使用事例の適合 | 低速の制御と監視 | ゾーン、BCM、レイテンシに敏感な制御 |

3 SPI GPIO エクスパンダを使用したアプリケーション例

TXE8116-Q1、TXE8124-Q1、TXE8148-Q1 などの SPI GPIO エクスパンダを使用することで、幅広い車載 ECU 設計において、ホスト マイコンまたは SoC から低速デジタル制御および監視機能をオフロードすることが可能になります。

3.1 ゾーン制御モジュール

「ゾーン制御モジュール」(ZCM) アーキテクチャは、複数の機能が統合されているため、局所的な GPIO 要件が大幅に増加します。SPI GPIO エクスパンダは、マイコンのピン数を増やすことなく、スケーラブルでモジュール型の I/O 拡張を実現できます。図 3-1 に示すように、TXE8116-Q1、TXE8124-Q1、および TXE8148-Q1 SPI IO エクスパンダのデジタイゼーション機能により、複数のデバイスを単一の SPI バスに接続することができ、ゾーン アーキテクチャの進化に合わせて柔軟な GPIO スケーリングをサポートできます。このアプローチにより、配線の複雑さが軽減され、複数の車種間でのプラットフォームの再利用が可能になります。

TXE81xx-Q1 は、TI の SoC (TIDA-020094: 48V ゾーンリファレンス デザイン) をはじめ、ゾーン制御モジュール向けに広く利用されている他社製デバイスとも容易に統合できます。

主な設計上の検討事項

- TXE81xx-Q1 がサポートしている SPI デジタイゼーション機能を使用して、GPIO のスケーラビリティを計画します。
- TXE81xx-Q1 スマート割り込み機能を使用して、ペリフェラルの割り込み信号の状態の変化を監視します。
- エクスパンダを I/O 負荷の近くに配置して、配線の複雑さを軽減します。
- SPI バス負荷のバランスを調整し、タイミング マージンを維持します。
- GPIO のパーティションを、ゾーン診断や安全コンセプトに合わせます。

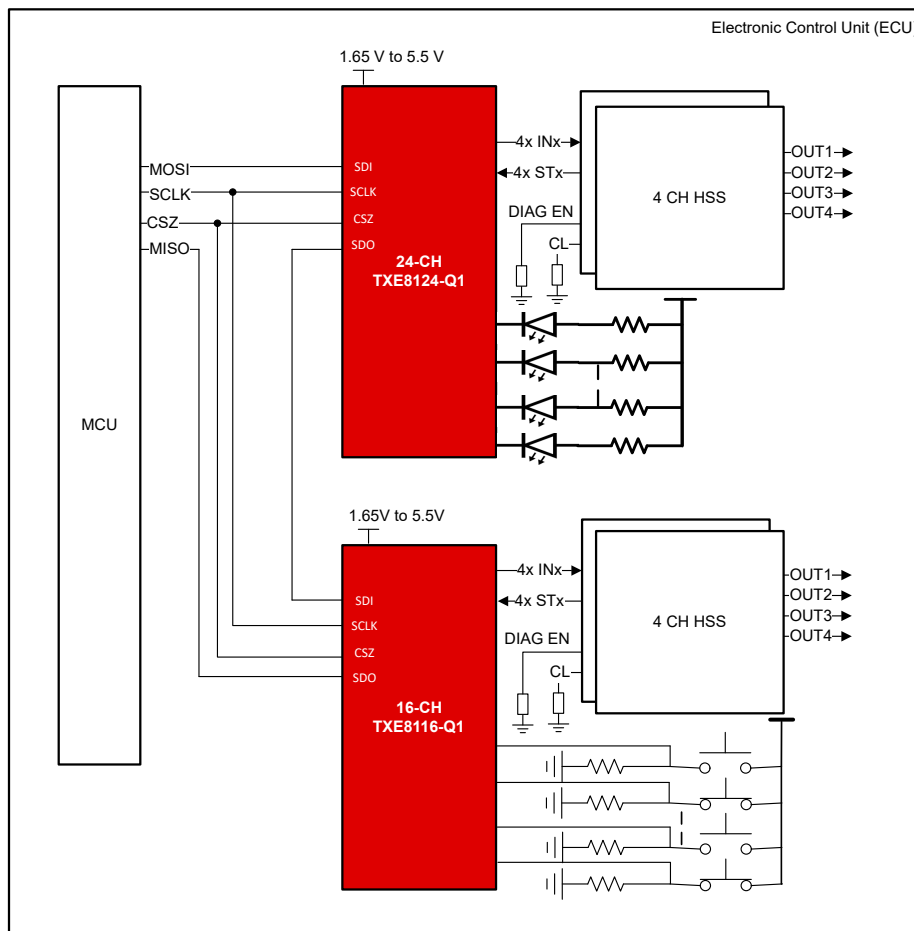


図 3-1. ゾーンコントローラ用の TXE8116-Q1 と TXE8124-Q1 を使用した GPIO 拡張のブロック図

3.2 インフォテインメントおよび ADAS ペリフェラルの制御

「ヘッド ユニットやデジタル コックピット処理」、「ADAS およびインフォテインメントフュージョン コントローラ」、「車載ディスプレイ」、「高性能コンピューティング」といった最新のインフォテインメントおよび ADAS アプリケーションでは、ECU は低速のイネーブル、リセット、モード選択、ステータス監視信号を必要とする多数のペリフェラルを統合しています。図 3-2 に示すように、これらの信号は SPI GPIO 拡張に推奨されています。

主な設計上の検討事項

- SPI GPIO は主に、データバス以外の制御信号に使用します。
- 確定的なスタートアップおよびシーケンシング要件を維持します。
- GPIO 配線を、CSI、FPD-Link、LVDS などの高速インターフェイスから分離します。
- 複数のペリフェラル間でのパワードメイン シーケンシングを検討します。

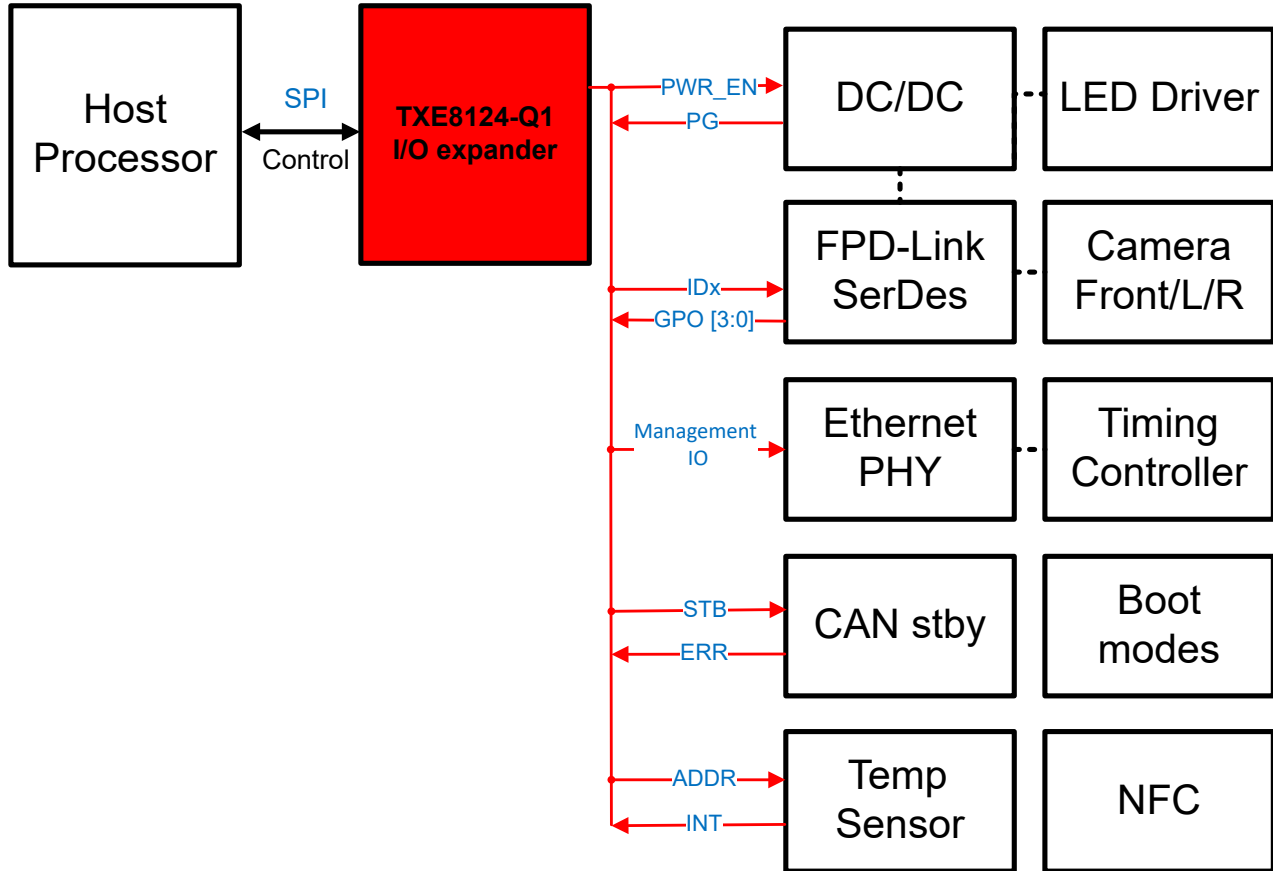


図 3-2. インフォテインメントと運転支援向けの GPIO 拡張のブロック図

3.3 車載用ボディコントロール モジュール

「ボディコントロール モジュール」(BCM) は、多くの場合、車外および車内の照明制御、スイッチ監視、リレーとアクチュエータのイネーブル、診断などの機能コンテンツの増加によって GPIO の利用可能性に制約が生じます。図 3-3 に示すように、TXE8124-Q1 SPI GPIO エクスパンダは、確定的な制御動作を維持しながら、スケーラブルな I/O 拡張を実現します。

主な設計上の検討事項

- リレー、LED、外部ドライバの GPIO 駆動能力と負荷互換性を確認します。
- マイコンと GPIO エクスパンダ間のパワーアップおよびリセットシーケンスを定義します。
- システムレベルの診断と故障処理を考慮します。

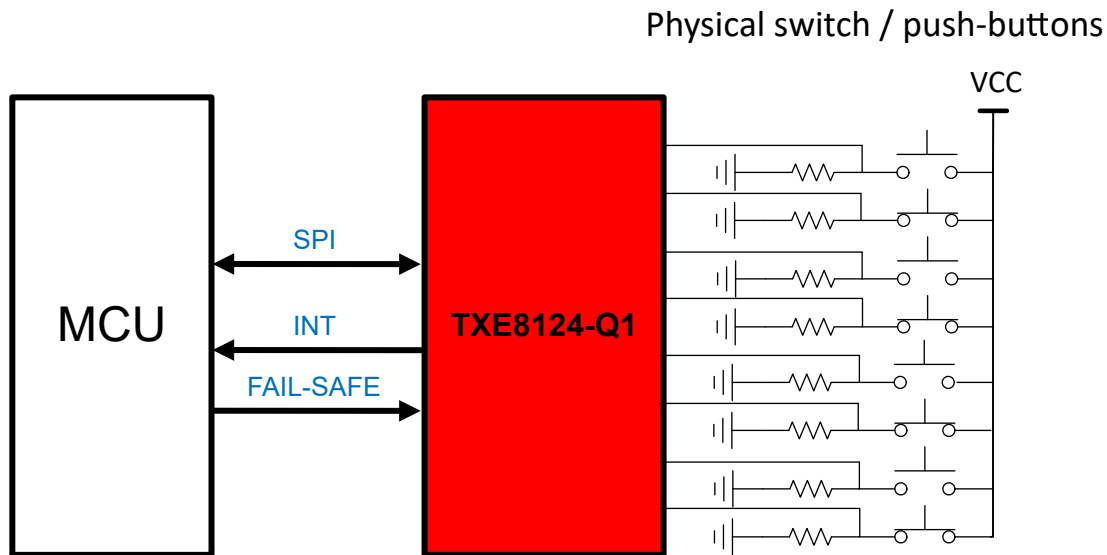


図 3-3. 車載用ボディコントロール モジュール向け GPIO 拡張のブロック図

3.4 オーディオとペリフェラルの監視

「車載オーディオ アンプ」システムでは、コーデック、アンプ、DSP のイネーブル、ミュート、故障監視、モード選択に GPIO が必要です。図 3-4 に示すように、これらの機能は、確定的で信頼性の高い SPI ベースの GPIO 制御から利点を得られます。

主な設計上の検討事項

- 高速オーディオ データ パスから低速 GPIO 制御を分離します。
- ミュートとイネーブルのタイミングがオーディオ サブシステムの要件を満たしていることを確認します。
- パワーアップ時に GPIO のデフォルト状態を検証します。
- オーディオ電源シーケンスと GPIO 制御を連携させます。

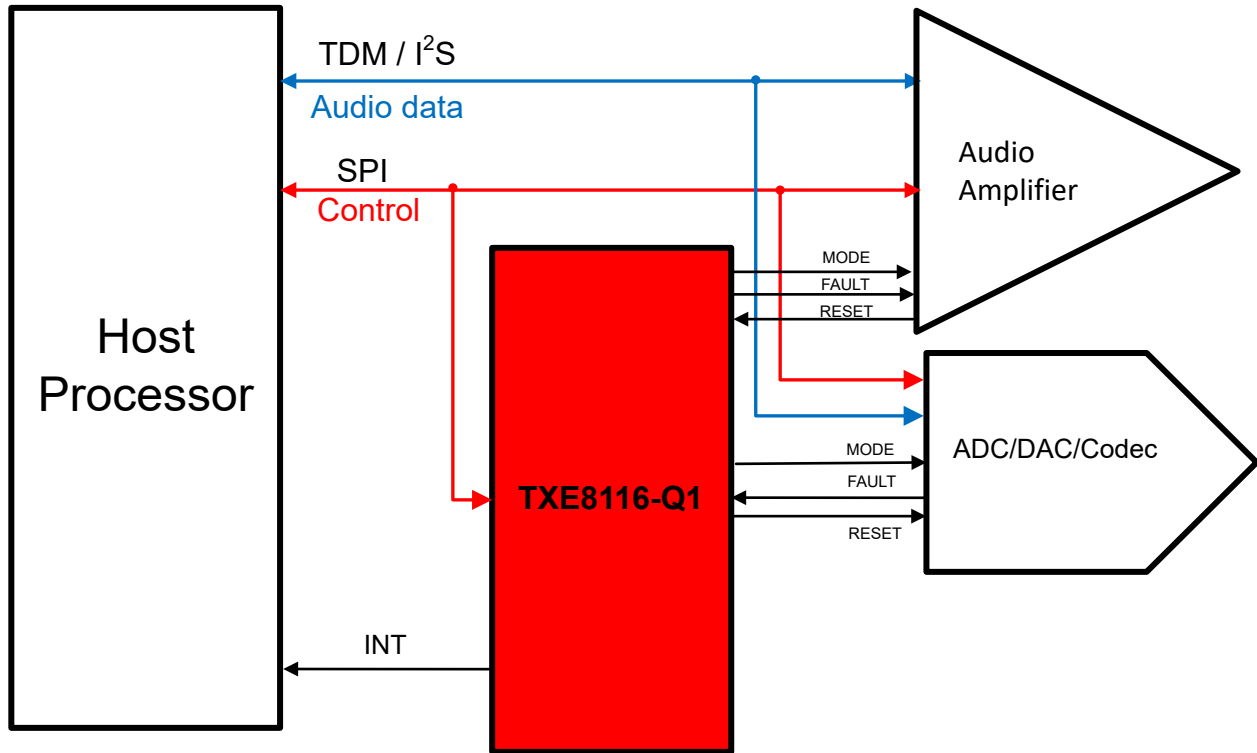


図 3-4. 車載オーディオおよびペリフェラル監視向け GPIO 拡張のブロック図

4 まとめ

最新の車載 ECU は、ボディ、ゾーン、インフォテインメント、ADAS システム全体にわたるデジタル制御および監視のニーズの増大に対応するため、スケーラブルで確定的な GPIO 拡張を必要とします。ピン数の多いマイコンやディスクリートロジックをベースとする従来型アプローチを採用すると、ボードの複雑さ、配線の集中、ソフトウェアのオーバーヘッドが増大します。一方、PC ベースのエクスパンダは、レイテンシが重要なアプリケーションにおいて、帯域幅とバス負荷によって制限される場合があります。TXE8116-Q1、TXE8124-Q1、TXE8148-Q1 車載用 SPI GPIO エクスパンダは、16 ビット ~ 48 ビットの GPIO 拡張に適した小型で高性能な設計を実現します。これらのデバイスは、10MHz までの高速 SPI インターフェイスを活用しており、割り込み駆動動作による低レイテンシのデタミニスティック (確定的) な通信を実現すると同時に、プログラム可能な I/O 構成、グリッチ フィルタリング、フェイルセーフ機能などの主な機能を統合して、システム設計を簡素化して堅牢性を向上させます。SPI のデジチェーン接続とフレキシブルな構成をサポートしている TXE ファミリーは、マイコンのピン数を増やすことなくスケーラブルでモジュール型の I/O を拡張できるため、進化するゾーンおよびソフトウェア定義の車両アーキテクチャ全体でプラットフォームの再利用をサポートできます。

これらのデバイスは、ホスト プロセッサから低速の制御および監視機能をオフロードすることで、さまざまな車載アプリケーションでシステム コストの削減、設計の複雑さの最小化、ECU 全体の効率の向上に役立ちます。全体として、TXE81xx-Q1 ファミリーはスケーラブルで低 BOM、ソフトウェア効率に優れた GPIO 拡張ソリューションを提供し、次世代の車載システム向けに信頼性が高く高密度の I/O 統合を実現します。

5 参考資料

1. テキサス インストルメンツ、『TXE81XX-Q1 車載用 16 ビットおよび 24 ビット SPI バス I/O エクスパンダ (割り込み出力、リセット入力、I/O 構成レジスタ付き)』データシート。
2. テキサス インストルメンツ、『TXE81xx-Q1 GPIO エクスパンダとの SPI デジチェーン接続』、アプリケーション ノート。
3. テキサス インストルメンツ、『48V ゾーンリファレンス デザイン』、リファレンス デザイン。
4. テキサス インストルメンツ、『SPI バスの理解』、アプリケーション概要。

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月